

## **Kajian Potensi Minyak Atsiri (*Volatile Organic Compounds*) Sebagai Salah Satu Pengendali Hama Tanaman**

*(Review on the Potential of Essential oil (Volatile Organic Compounds) as One of Plant Pest Control)*

**Lidyana Maya Gosal\***, Meldy L. A. Hosang

Balai Penelitian Tanaman Palma

\*Email korespondensi: [lidyana.gosal@gmail.com](mailto:lidyana.gosal@gmail.com)

*(Article History: Received July 19, 2022; Revised August 30, 2022; Accepted August 31, 2022)*

### **ABSTRAK**

Penggunaan pestisida secara berlebihan berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Salah satu cara yang dapat digunakan dalam pengendalian hama yang ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan minyak atsiri. Minyak atsiri diperoleh dengan mengekstraksi berbagai sumber botani. Minyak atsiri dapat diekstraksi dengan menggunakan berbagai metode. Salah satunya metode destilasi, dengan memisahkan uap air dan minyak. Minyak atsiri yang dapat digunakan untuk pengendalian hama salah satunya yaitu *Volatile Organic Compounds* (VOCs). Pada beberapa penelitian minyak atsiri telah teruji dapat bertindak sebagai repelen, fumigant maupun atraktan terhadap hama sehingga senyawa minyak atsiri dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan hama.

**Kata kunci:** Minyak atsiri; hama tanaman; VOCs.

### **ABSTRACT**

Excessive use of pesticides is harmful to health and the environment. One way that can be used in pests environmentally friendly control is by using essential oils. Essential oils are obtained by extracting various botanical sources. Essential oils can be extracted using a variety of methods. One of them is the distillation method, by separating water vapor and oil. One of the essential oil that could be used for pest control is *Volatile Organic Compounds* (VOCs). In several studies, essential oils have been tested to act as a repelen, fumigant and Atraktant against pests so that essential oil compounds can be used to overcome pest problems.

**Keywords:** Essential oil; plant pest; VOCs

### **PENDAHULUAN**

Penggunaan pestisida sintetik tidak dapat dipungkiri merupakan salah satu cara efektif untuk mengendalikan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) tetapi penggunaannya yang dilakukan secara tidak tepat dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan bahkan berdampak pada kesehatan manusia. Ini diakibatkan karena tingginya senyawa racun pada pestisida dan sulit terdegradasi di alam. Salah satu solusi dalam mengatasi hal tersebut, dapat digunakan minyak atsiri dari tumbuhan yang lebih aman dan ramah lingkungan. Minyak atsiri merupakan salah satu bahan alami yang mudah diperoleh karena terdapat pada berbagai jenis tanaman juga mudah terurai.

Banyak minyak atsiri yang bersifat racun terhadap berbagai serangga hama. Senyawa

ini memiliki aktivitas insektisida, fumigan, antifeedan, menarik dan menolak terhadap serangga (Mossa 2016). Penelitian menggunakan minyak atsiri sebelumnya telah dilakukan pada beberapa jenis serangga seperti hama Gudang Bawang *Ephestia cautella* (Walker) yang bertindak sebagai repelen (Hasyim *et al.* 2014), penggunaan tanaman *Celosia argenia*, *Mikania micrantha*, *Catharanthus roseus* dan *Ricinus communis* terhadap *Brontispa longissima* (Chaojun *et al.* 2012), penelitian dari (Ibrahim & Alahmadi 2015) dengan menggunakan tanaman *Syzygium aromaticum* terhadap larva *Oryctes* dan penelitian menggunakan minyak atsiri dari lima jenis tanaman terhadap *Sitophilus zeamais* dan *Acanthoscelides obtectus* (Bittner *et al.* 2008).

Minyak atsiri merupakan senyawa hidrofobik, mudah menguap dan aromatik yang memberikan aroma atau bau khas pada tanaman. Biasanya dianggap sebagai hasil dari metabolit sekunder dan merupakan produk sampingan dari metabolisme tanaman. Minyak atsiri diekstraksi dari berbagai sumber botani, banyak merupakan anggota famili Lamiaceae. Komponen minyak atsiri dibagi menjadi dua kelompok yaitu volatil dan residu nonvolatil. Volatil (90-95%) terdiri dari monoterpen dan seskuiterpen serta turunan teroksigenasinya bersama dengan aldehida alifatik, alkohol dan ester. Residu nonvolatil (1-10%) terdiri dari hidrokarbon, asam lemak, sterol, karotenoid, lilin dan flavonoid (Arshad *et al.* 2014; Chaubey 2019; Elyemni *et al.* 2022). Minyak atsiri mengeluarkan berbagai jenis senyawa *Volatile Organic Compounds* (VOCs). Unsur volatil terbesar yaitu hidrokarbon (misalnya pinene, limonene, bisabolene), alkohol (misalnya linalol, santalol), asam (misalnya asam benzoat, asam geranic), aldehida (misalnya citral), aldehida siklik (misalnya cuminal), keton (misalnya camphor), lakton (misalnya bergaptene), fenol (misalnya eugenol), eter fenolik (misalnya anethole), oksida (misalnya 1,8 cineole) dan ester (misalnya geranyl acetate) (Nematollahi *et al.* 2018). Emisi metabolit sekunder dari VOCs dapat sangat meningkat sebagai akibat dari tekanan biotik atau abiotik tertentu (Villamar-Torres *et al.* 2018).

Metode pada penulisan ini adalah studi literatur dalam bentuk narasi deskriptif. Berikut dikemukakan tentang ekstraksi minyak atsiri, penggunaan minyak atsiri sebagai biopestisida dan senyawa volatil (VOCs).

### EKSTRAKSI MINYAK ATSIRI

Genera yang mampu menghasilkan minyak atsiri tersebar di beberapa famili seperti Apiaceae, Asteraceae, Compositae, Cupressaceae, Labiatae, Lauraceae, Myrtaceae, Piperaceae, Poaceae, Rutaceae dan Zingiberaceae. Minyak atsiri diekstraksi dari daun, bunga, biji, kayu, beri, resin,

rimpang dan akar (Chaubey 2019). Sintesis dan akumulasi minyak atsiri terjadi baik di luar tanaman, di sekat kelenjar (Asteraceae, Geraniaceae, Lamiaceae, dll.) dan di papila, baik di dalam tanaman, di sel sekretori, di ruang antar sel (saluran sekretori) kantong sekretori (Anacardiaceae, Rutaceae, Myrtaceae). Minyak atsiri dapat terakumulasi di semua organ tanaman, tetapi dalam jumlah yang bervariasi. Dapat ditemukan di akar, daun, bunga, buah, kayu dari batang maupun pada bagian pepagan. Kandungan minyak atsiri tanaman seringkali di bawah 1%, jarang mencapai 15% atau bahkan lebih, dalam produk kering beberapa tanaman (Butnariu & Sarac 2018).

Beberapa metode dapat dilakukan untuk mengekstraksi minyak atsiri, salah satunya dengan menggunakan alat destilasi uap untuk memisahkan partikel minyak dan uap air. Cara ekstraksi minyak atsiri lainnya menggunakan pelarut organik, *supercritical CO<sub>2</sub>*, *ultrasonic*, dan *Microwave Assisted Hydrodistillation* (MAHD), serta *Microwave hydrodiffusion and gravity* (Elyemni *et al.* 2022).

Hasil penelitian Daryono *et al.* (2014)<sup>1</sup> menunjukkan bahwa penggunaan daun kemangi, dapat diperoleh minyak atsiri melalui pengeringan daun selama 3 hari, dioven 1-2 hari pada suhu 35°C untuk mengurangi kadar airnya, kemudian diblender selama 15 detik sampai berbentuk serbuk. Serbuk kemangi sebanyak 300 gram diletakkan kedalam labu ekstraktor leher tiga dan menambahkan pelarut n-heksana sebanyak 600 ml, dan meletakkan labu ekstraktor ke dalam waterbath, kemudian diekstraksi dengan pengadukan 300 rpm, selanjutnya proses destilasi dengan suhu 75°C. Selanjutnya Perera dan Karunaratne (2016) menyatakan bahwa penggunaan 450g daun *Ruta graveolens* dikeringkananginkan, hasilnya berupa bubuk dihidrodestilasi dalam peralatan tipe Clevenger secara terus menerus selama 3 jam untuk menghasilkan minyak atsiri. Minyak atsiri yang diperoleh disimpan dalam tabung gelas tertutup pada suhu 4°C sampai penggunaan eksperimental. Serangkaian konsentrasi disiapkan dengan

mengencerkan volume yang tepat dari minyak atsiri (50, 100, 150, dan 200 µl) dalam 10 ml.

Ekstraksi minyak atsiri menggunakan metode *Microwave Assisted Hydrodistillation* (MAHD) dilakukan dengan menggunakan oven microwave (MWD 119 WH, whirlpool, China, 20L, 2,45 GHz) yang dipasangkan dengan alat Clevenger dan sistem pendingin untuk terus memadatkan destilat. Rongga pada microwave berukuran 216 x 302 x 277 mm. MAHD dicapai di bawah pengaturan optimal, yang terdiri dari waktu ekstraksi, kekuatan microwave, serta rasio air/bahan tanaman. Daun kering dan pucuk bunga secara terpisah dikenai MAHD selama 20 menit pada daya gelombang mikro 600 W dan rasio air ke tanaman 2 mL/g (Elyemni *et al.* 2022).

### SEBAGAI BIOPESTISIDA

Tumbuhan yang paling baik kerjanya sebagai agen kontrol serangga berasal dari famili Annonaceae, Asteraceae, Canellaceae, Lamiaceae, Meliaceae dan Rutaceae (Jayakumar *et al.* 2017). Penggunaan minyak atsiri sebagai pestisida relatif aman karena hanya menyisakan sedikit residu dan ramah terhadap lingkungan, memiliki sifat repelen, fumigan dan atraktan terhadap serangga (Mossa 2016). Repellent adalah zat mencegah/menolak herbivora. Beberapa dari senyawa tersebut dapat diekstrak dari bahan alami maupun secara kimia sintetik. Sifat minyak atsiri sebagai repelen contohnya pada nyamuk menggunakan minyak serai dan daun mint. Bahan aktifnya yaitu citronella. Repelen ini juga dapat digunakan untuk mengusir lipas (Tanu & Harpreet 2016).

Minyak atsiri bersifat lipofilik sehingga mudah masuk ke dalam tubuh serangga dengan menyebabkan disfungsi bahkan kematian (Mossa 2016). Minyak atsiri *Eucalyptus* dan *Artemisia* dari Tunisia berhasil diterapkan terhadap berbagai hama serangga gudang (Mediouni & Jemâa 2014). Minyak atsiri yang diekstraksi dari daun *R. graveolens* menghasilkan tingkat kematian

tertinggi pada kumbang padi (100%) setelah satu jam paparan 150µl dan 200µl perlakuan minyak atsiri, hampir sama dengan tingkat kematian yang diperoleh untuk studi toksisitas kontak pada bioassay toksisitas fumigasi. Bahkan konsentrasi terendah (50µl/10ml Aseton) mampu menghasilkan lebih dari 75% dan 90% aktivitas toksik fumigasi dalam waktu 30 dan 60 menit masing-masing sehingga menunjukkan efektivitas yang kuat dari minyak esensial *R. graveolens* sebagai fumigan (Perera & Karunaratne 2016).

### VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs)

Serangga memanfaatkan berbagai semiokimia (*semiochemicals*) dalam interaksinya dengan tanaman. Senyawa kimia yang berperan sebagai atraktan umumnya bersifat volatil (mudah menguap). Ketika senyawa volatil tertentu dilepaskan ke udara, senyawa tersebut dapat dideteksi oleh serangga yang reseptif terhadap jenis senyawa kimia tersebut dalam jarak beberapa sentimeter atau ratusan meter. Senyawa kimia volatil yang bisa dideteksi oleh serangga dalam jarak yang cukup jauh seringkali digunakan dalam pengendalian hama (Rowan 2011). *Semiochemicals* yang diproduksi dan diterima oleh spesies yang sama disebut feromon. Allelokimia adalah *semiochemicals* yang diproduksi oleh organisme tertentu dan mempengaruhi spesies organisme lain. Kairomon adalah allelokimia yang diproduksi oleh suatu spesies dan menguntungkan spesies penerima. Contoh senyawa kairomon adalah senyawa volatile yang dikeluarkan oleh tanaman dapat menarik serangga hama untuk mendapatkan sumber makanan. Sebaliknya allomone adalah allelokimia yang dikeluarkan oleh suatu organisme dan menguntungkan organisme tersebut. Contoh allomone adalah senyawa yang dikeluarkan oleh tanaman yang menarik parasitoid atau predator yang berperan melindungi tanaman dari serangan hama (El-Ghany 2019; Kristiana 2019).

Senyawa volatil dapat mempengaruhi tanggap perilaku suatu organisme dalam menentukan tanaman inang. Ketika senyawa volatil tertentu dilepaskan ke udara, senyawa tersebut dapat dideteksi oleh serangga yang reseptif terhadap jenis senyawa kimia tersebut dalam jarak beberapa sentimeter atau ratusan meter. Senyawa kimia volatile yang bisa dideteksi oleh serangga dalam jarak yang cukup jauh seringkali digunakan

dalam pengendalian hama. Kecepatan organisme dalam menemukan tanaman inang tersebut ditentukan oleh komponen dan konsentrasi volatil. Pada jarak dekat, konsentrasi senyawa volatil cenderung sangat tinggi walaupun kondisi tanaman dan lingkungan tetap menjadi faktor pembatas (Rowan 2011). Beberapa jenis senyawa volatil dan sumber tanaman disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa jenis senyawa volatil dan sumber tanamannya.

Volatil	Tanaman
$\alpha$ -Terpinen	<i>Satureja thymbra</i> L, <i>Origanum onites</i> L (Ayvaz et al. 2010), <i>Gomortega keule</i> , <i>Origanum vulgare</i> (Bittner et al. 2008)
Carvacrol	<i>Satureja thymbra</i> L, <i>Origanum onites</i> L (Ayvaz et al. 2010), <i>Lavandula angustifolia</i> (Germinara et al. 2017)
Caryophyllene	<i>Satureja thymbra</i> L, <i>Origanum onites</i> L (Ayvaz et al. 2010)
$\gamma$ -terpinen	<i>Satureja thymbra</i> L, <i>Origanum onites</i> L (Ayvaz et al. 2010), <i>Artemisia herba-alba</i> , <i>Artemisia absinthium</i> L. (Mediouni & Jemâa 2014)
Geranyl acetate	<i>Myrtus communis</i> L (Ayvaz et al. 2010)
Linalool	<i>Origanum onites</i> L, <i>Myrtus communis</i> L (Ayvaz et al. 2010), <i>Lavandula angustifolia</i> (Germinara et al. 2017), <i>Artemisia herba-alba</i> (Mediouni & Jemâa 2014), <i>Azilia eryngioides</i> (Ebadollahi & Mahboubi 2011)
Linalyl acetate	<i>Myrtus communis</i> L (Ayvaz et al. 2010)
Methyl eugenol	<i>Myrtus communis</i> L (Ayvaz et al. 2010)
Myrcene	<i>Satureja thymbra</i> L, <i>Origanum onites</i> L, <i>Myrtus communis</i> L (Ayvaz et al. 2010), <i>Lavandula angustifolia</i> (Germinara et al. 2017), <i>Azilia eryngioides</i> (Ebadollahi & Mahboubi 2011), <i>Cymbopogon citratus</i> (Mena-rodríguez et al. 2018), <i>Cocos nucifera</i> (Fang et al. 2011)
Myrtenol	<i>Myrtus communis</i> L (Ayvaz et al. 2010)
p-cymene	<i>Satureja thymbra</i> L, <i>Origanum onites</i> L (Ayvaz et al. 2010)
Terpinen-4-ol	<i>Origanum onites</i> L (Ayvaz et al. 2010), <i>Lavandula angustifolia</i> (Germinara et al. 2017)
Thymol	<i>Satureja thymbra</i> L, <i>Origanum onites</i> L (Ayvaz et al. 2010), <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Origanum vulgare</i> (Bittner et al. 2008)
$\alpha$ -Terpineol	<i>Myrtus communis</i> L (Ayvaz et al. 2010), <i>Cinnamomum cassia</i> (Liu et al. 2014)
$\beta$ -Terpineol	<i>Cinnamomum cassia</i> (Liu et al. 2014)
$\alpha$ -Terpinyl acetate	<i>Myrtus communis</i> L (Ayvaz et al. 2010)
$\alpha$ -Pinene	<i>Myrtus communis</i> L (Ayvaz et al. 2010), <i>Cinnamomum cassia</i> (Liu et al. 2014), <i>Lavandula angustifolia</i> (Germinara et al. 2017), <i>Artemisia herba-alba</i> , <i>Artemisia absinthium</i> L. (Mediouni & Jemâa 2014), <i>Azilia eryngioides</i> (Ebadollahi & Mahboubi 2011), <i>Gomortega keule</i> , <i>Laurelia sempervirens</i> , <i>Eucalyptus globulus</i> , <i>Origanum vulgare</i> (Bittner et al. 2008), <i>Cocos nucifera</i> (Fang et al. 2011)

$\beta$ -Pinene	<i>Cinnamomum cassia</i> (Liu <i>et al.</i> 2014), <i>Lavandula angustifolia</i> (Germinara <i>et al.</i> 2017), <i>Artemisia herba-alba</i> , <i>Artemisia absinthium</i> L. (Mediouni & Jemâa, 2014), <i>Azilia eryngioides</i> (Ebadollahi & Mahboubi 2011), <i>Cocos nucifera</i> (Fang <i>et al.</i> 2011)
1.8-Cineole	<i>Myrtus communis</i> L (Ayvaz <i>et al.</i> 2010), <i>Lavandula angustifolia</i> (Germinara <i>et al.</i> 2017), <i>Artemisia herba-alba</i> , <i>Artemisia absinthium</i> L. (Mediouni & Jemâa 2014), <i>Gomortega keule</i> , <i>Eucalyptus globulus</i> (Bittner <i>et al.</i> 2008)
Camphene	<i>Cinnamomum cassia</i> (Liu <i>et al.</i> 2014), <i>Lavandula angustifolia</i> (Germinara <i>et al.</i> 2017), <i>Artemisia herba-alba</i> , <i>Artemisia absinthium</i> L. (Mediouni & Jemâa 2014)
3-Carene	<i>Lavandula angustifolia</i> (Germinara <i>et al.</i> 2017)
Acetophenone	<i>Cinnamomum cassia</i> (Liu <i>et al.</i> 2014)
Borneol	<i>Cinnamomum cassia</i> (Liu <i>et al.</i> 2014), <i>Lavandula angustifolia</i> (Germinara <i>et al.</i> 2017)
Geraniol acetate	<i>Cinnamomum cassia</i> (Liu <i>et al.</i> 2014), <i>Lippia alba</i> (Mena-rodríguez <i>et al.</i> 2018)
$\beta$ -Caryophyllene	<i>Cinnamomum cassia</i> (Liu <i>et al.</i> 2014), <i>Lippia alba</i> (Mena-rodríguez <i>et al.</i> 2018)
3-Hexenol	<i>Lavandula angustifolia</i> (Germinara <i>et al.</i> 2017)
D-Limonene	<i>Lavandula angustifolia</i> (Germinara <i>et al.</i> 2017), <i>Azilia eryngioides</i> (Ebadollahi & Mahboubi 2011)

Pada umumnya setiap tanaman memiliki komponen dan konsentrasi volatil yang berbeda. Walaupun beberapa tanaman mungkin memiliki komponen volatil yang sama tetapi dengan konsentrasi yang berbeda sehingga jenis herbivora yang menyerang juga berbeda. Senyawa volatil tanaman dapat bersifat Atraktan maupun repelen. Atraktan adalah zat yang dapat menarik herbivora untuk mendekati tanaman.

Beberapa serangga menggunakan berbagai *cues* termasuk senyawa sekunder yang bersifat volatil yang dikeluarkan tanaman untuk mendapatkan atau mencari inangnya (Alouw & Hosang 2017). Hama tanaman kelapa seperti *Brontispa longissima* dan *Oryctes* telah dilakukan penelitian pengaruh volatilnya. Penelitian pada *Brontispa* menggunakan tabung olfactometer bentuk Y, Senyawa volatile:  $\beta$ -myrcene, (-)-limonene dan E-2-hexen-1-ol yang diproduksi tanaman kelapa yang diujikan pada hama *Brontispa longissima* bersifat atraktan. Penelitian menunjukkan konsentrasi  $\beta$ -myrcene, (-)-limonene (1:1) mampu menarik kumbang betina sedangkan

konsentrasi volatil  $\beta$ -myrcene, (-)-limonene dan E-2-hexen-1-ol (1:6:1) mampu menarik kumbang jantan dan betina untuk mendekat (Fang *et al.* 2011)

Volatil tanaman palma sangat penting bagi kehidupan kumbang *Oryctes*. Senyawa ini saat ditambahkan ke perangkap feromon meningkatkan jumlah tangkapan. Volatil kemungkinan bersifat menarik *O. rhinoceros* untuk merobek batang tanaman palma, tumpukan tandan buah atau kayu kelapa membusuk untuk bertelur dan kawin. Material ini ketika ditambahkan pada perangkap feromon meningkatkan tangkapan *O. monoceros*. Volatil dari tanaman palma mungkin menarik kumbang untuk makan, yang juga kemungkinan bertindak bersamaan dengan feromon agregasi kumbang untuk makan atau kawin. Volatil dari jaringan palem yang membusuk mungkin dapat menarik kumbang ke lokasi untuk kawin atau oviposisi atau keduanya (Bedford 2014).

Penelitian yang dilakukan oleh Neranjana *et al.* 2021 menggunakan Kumbang jantan menunjukkan perilaku sensitif untuk semua volatil yang dipilih dan

perilaku ketertarikan paling tinggi terhadap feromon agregasi *O. rhinoceros*, diikuti oleh limonene (+), etil propionat, myrcene, propil butirat, dan etil butirat. Sedangkan citronellol, 2-hexene-1-ol-ol, 1-octan-3-ol, dan  $\alpha$ -pinene ditolak kumbang jantan. Respons antena pada kumbang betina tertinggi pada feromon agregasi diikuti oleh volatil tanaman yaitu 1-oktan 3-ol, limonene (+), citranellol, 3-hexene-1-ol, propil butirat,  $\alpha$ -pinene, dan  $\beta$ -myrcene.

Senyawa volatil dianggap mengganggu fungsi metabolisme, biokimia, fisiologis, dan perilaku dasar serangga, namun cara kerja secara spesifik pada serangga masih sedikit diketahui (Perera & Karunaratne 2016). Sehingga perlu dilakukan pendekatan secara molekuler untuk melihat adanya aktivitas insektisida secara spesifik dengan mengisolasi beberapa senyawa volatil tanaman dan diujicobakan pada sel atau jaringan serangga hama.

## KESIMPULAN

Minyak atsiri memiliki potensi dalam mengendalikan hama pada tanaman karena bersifat repelen, fumigant dan atraktan. Minyak atsiri seperti *Volatile Organic Compounds* (VOCs) dapat digunakan sebagai pengendali hama yang efektif karena bersifat sebagai atraktan pada serangga hama.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya sampaikan kepada Kepala Balai Penelitian Tanaman Palma Dr. Steivie Karouw, STP.,M.Si. atas bantuan berupa saran dalam penyelesaian *review* ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Alouw JC & Hosang MLA (2017) *Sexava nubila* (Orthoptera: Tettigoniidae): Ledakan dan Kerusakannya pada Tanaman Kelapa Sawit / *Sexava nubila* (Orthoptera: Tettigoniidae): Outbreak and Its Damage on Oil palm. *Buletin Palma*, 17(2), 97. <https://doi.org/10.21082/bp.v17n2.2016.97-104>

Arshad Z, Hanif M, Waseem R, Qadri K, & Khan M (2014) Role of Essential Oils in Plant Diseases Protection: A Review. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 6, 11–17.

Ayvaz A, Sagdic O, Karaborklu S, & Ozturk I (2010) Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-product insects. *Journal of Insect Science*, 10(21), 1–13.

Bedford G (2014) Advances in the control of rhinoceros beetle, *Oryctes rhinoceros* in oil palm. *Journal of Oil Palm Research*, 26(3), 183–194.

Bittner M, Casanueva M, Arbert C, Aguilera M, Hernandez V, & Becerra J (2008) Effects Of Essential Oils From Five Plant Species Against The Granary Weevils *Sitophilus Zeamais* And *Acanthoscelides Obtectus* (Coleoptera). *J. Chil. Chem. Soc*, 1, 1455–1459.

Butnariu M & Sarac I (2018) Journal Of Biotechnology And Biomedical Science. *Journal of Biotechnology and Biomedical Science*, 1(4), 35–43. <https://doi.org/10.14302/issn.2576>

Chaojun L, Baozhu Z, Guohua Z, Qunfang W, Shaohua C, Meiyang H, Xiaodong S, & Weiquan Q (2012) Four botanical extracts are toxic to the hispine beetle, *Brontispa longissima*, in laboratory and semifield trials. *Journal of Insect Science*, 12, 1–8. <https://doi.org/10.1673/031.012.5801>

Chaubey M (2019) Essential oils as green pesticides of stored grain insects. *European Journal of Biological Research*, 9(4), 202–244.

Daryono E, Pursitta A & Isnaini A (2014) Ekstrasi Minyak Atsiri pada Tanaman Kemangi dengan Pelarut N-Heksana. *Jurnal Teknik Kimia*, 9(1), 1–7.

- Ebadollahi A & Mahboubi M (2011) Insecticidal activity of the essential oil isolated from. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71(3), 406–411.
- El-Ghany N (2019) Semiochemicals for controlling insect pests. *Journal of Plant Protection Research*, 59(1), 1–11. [https://doi.org/10.24425/jppr.2019.126036\\_rfseq1](https://doi.org/10.24425/jppr.2019.126036_rfseq1)
- Elyemni M, El Ouadrhiri F, Lahkimi A, Elkamli T, Bouia A & Eloutassi N (2022) Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil of Wild and Cultivated Rosmarinus Officinalis from Two Moroccan Localities. *Journal of Ecological Engineering*, 23(3), 214–222. <https://doi.org/10.12911/22998993/145458>
- Fang Y, Sun J & Zhang Z (2011) Response of *Brontispa longissima* to coconut palm (*Cocos nucifera*) leaf volatiles. *Physiological Entomology*, 36(4), 321–326. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2011.00799.x>
- Germinara G, Stefano M, Acutis L, Pati S, Delfine S, Cristofaro A & Rotundo G (2017) Bioactivities of *Lavandula angustifolia* essential oil against the stored grain pest *Sitophilus granarius*. *Bulletin of Insectology*, 70(1), 129–138.
- Hasyim A, Setiawati W, Jayanti H & Krestini E (2014) Repelensi Minyak Atsiri Terhadap Hama Gudang Bawang *Ephestia cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) di Laboratorium. *J. Hort.*, 24(4), 336–345.
- Ibrahim R & Alahmadi S (2015) Effect of *Syzygium aromaticum* cloves on larvae of the rhinoceros beetle, *Oryctes agamemnon* (Coleoptera: Scarabaeidae). *African Entomology*, 23(2), 458–466. <https://doi.org/10.4001/003.023.0215>
- Jayakumar M, Arivoli S, Raveen R & Tennyson S (2017) Repellent activity and fumigant toxicity of a few plant oils against the adult rice weevil *Sitophilus oryzae* Linnaeus 1763 (Coleoptera: Curculionidae). 5(2), 324–335.
- Kristiana R (2019) Mengkaji Peranan Alelokimia Pada Bidang Pertanian Review on the Roles of Alelochemicals in Agriculture. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(1), 41–46. <http://dx.doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v12i1.27398>
- Liu X, Cheng J, Zhao N & Liu Z (2014) Insecticidal Activity of Essential Oil of Cinnamomum cassia and its Main Constituent, trans-Cinnamaldehyde, against the Booklice, Liposcelis bostrychophila. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 13(10), 1697–1702.
- Mediouni J & Jemâa B (2014) Medicinal & Aromatic Plants Essential Oil as a Source of Bioactive Constituents for the Control of Insect Pests of Economic Importance in Tunisia. *Jemâa, Med Aromat Plants*, 3(2), 1–7. <https://doi.org/10.4172/2167-0412.1000158>
- Mena-rodríguez E, Ortega-cuadros M, Merini L, Melo-ríos A & Tofiño-rivera A (2018) Effect of agricultural inputs and essential oils on the soil of vegetables in Colombia's Caribbean region Efecto de agroinsumos y aceites esenciales en el suelo de hortalizas en el Caribe colombiano no solo de hortalizas no Caribe colombiano. *Scientific and technologic research article*, 19(1), 125–146.
- Mossa A (2016) Review Article Green Pesticides: Essential Oils as Biopesticides in Insect-pest

- Management. *Journal of Environmental Science and Technology*, 9(5), 354–378. <https://doi.org/10.3923/jest.2016.354.378>
- Nematollahi N, Kolev S & Steinemann A (2018) Volatile chemical emissions from essential oils. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 11(8), 949–954. <https://doi.org/10.1007/S11869-018-0606-0>
- Neranjana T, Kumara A, Wijesekara H & Ranaweera B (2021) Electrophysiological and Behavioural Responses of Coconut Black Beetle (*Oryctes rhinoceros* L.) (Coleoptera : Scarabaeidae) to Selected Plant Volatiles. *ICST*, 60–64.
- Perera A & Karunaratne M (2016) Efficacy Of Essential Oil Of Ruta Graveolens Leaves Against *Sitophilus Oryzae* (Linnaeus) As A Biorational Pesticide In Post-Harvest Pest Management. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 5(1), 160–166.
- Rowan D (2011) Volatile metabolites. *Metabolites*, 1(1), 41–63. <https://doi.org/10.3390/metabo1010041>
- Tambunan L (2017) Isolasi dan Identifikasi Komposisi Kimia Minyak Atsiri dari Biji Tanaman Kapulaga (*Amomum cardamomum* Willd). *Jurnal Kimia Riset*, 2(1), 57–60.
- Tanu B & Harpreet K (2016) Review Article. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8(6), 143–149.
- Villamar-Torres R, Mehdi S, Liuba-Delfini G, García L & Viot C (2018) Volatile organic compounds: plant natural defense mechanisms against herbivorous arthropods and an opportunity for plant breeding of cotton. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 287–297. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.14>